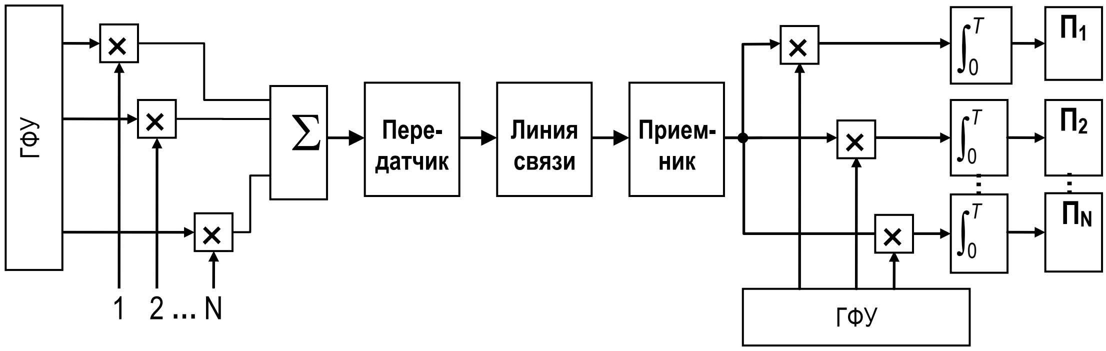
Лабораторное занятие № 4
Исследование нелинейных искажений в многоканальном тракте

Краткие теоретические сведения

Рассмотрим работу типовой системы связи с кодовым разделением каналов, показанной ниже.



Функциональная схема системы связи с кодовым способом разделения каналов

ГФУ – генератор функций Уолша

$П_1$, $П_2$.. $П_N$ – пороговое устройство 1,2 .. N канала

Канальные переносчики: матричное представление

Функции Уолша можно рассматривать как кодовые последовательности длиной N, символы которых принимают значения -1 и +1; L – число тактовых интервалов, содержащихся в периоде функций Уолша.

Введем в рассмотрение следующие матрицы:

1. Матрицу $\mathbf{W}$ размера $L \times N$, элементы $w_{i,k}$ которой ($i = 1,2...L$, $k = 1,2...N$) совпадают с k-ым символом функции Уолша i-го канала, N – количество каналов.

$$\mathbf{W} = \begin{vmatrix} w_{1,1} & \cdots & w_{1,L} \\ \vdots & w_{k,i} & \vdots \\ w_{N,1} & \cdots & w_{N,L} \end{vmatrix};$$

2. Матрицу-строку $\mathbf{W}_i$, элементы которой совпадают с символами функции Уолша i -го канала;
3. Матрицу-столбец $\mathbf{W}^{\langle k \rangle}$, элементы которой совпадают с k -ми символами функций Уолша;
4. Диагональную матрицу $\mathbf{D}$ размера $L \times L$, вида

$$\mathbf{D} = \begin{vmatrix} d_1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & d_2 & 0 & \ddots & 0 & 0 \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & d_L \end{vmatrix},$$

где d_i - совпадает с информационным символом i -го канала.

5. Матрицу-столбец $\mathbf{D}_c$

$$\mathbf{D}_c = \begin{vmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_L \end{vmatrix};$$

6. Матрицу-строку $\mathbf{D}_c^{\mathrm{T}} = |d_1 \quad d_2 \quad \cdots \quad d_L|$;
7. Матрицу $\mathbf{B}$ размера *LxN*, строки которой совпадают с модулированными функциями Уолша;
8. Матрицу-строку $\mathbf{B}_i$, элементы которой совпадают с символами модулированной функции Уолша i-го канала;
9. Матрицу-столбец $\mathbf{B}^{\langle k \rangle}$ элементы которой совпадают с *k*-ми символами модулированных функций Уолша.

Нетрудно видеть, что

$$\mathbf{B} = \mathbf{DW}$$
$$\mathbf{B}_i = d_i \mathbf{W}_i$$
$$\mathbf{B}^{\langle k \rangle} = \mathbf{DW}^{\langle k \rangle}$$

Таким образом, на вход сумматора в k-ый тактовый момент поступает кодовая комбинация, символы которой совпадают с элементами матрицы-столбца $\mathbf{B}^{\langle k \rangle}$. Если обозначить через c_k сумму элементов $b_i^{\langle k \rangle}$ $i = 1, 2, ..., L$, тогда k-й переданный символ определяется как

$$s_k = c_k$$

либо (для двумерного пространства).

$$s_k = \begin{vmatrix} c_k \\ \tilde{c}_k \end{vmatrix}$$

Заметим, что c_k являются элементами матрицы-строки $\mathbf{C}$, определяемой выражением

$$\mathbf{C} = \mathbf{D}_c^T \mathbf{W}$$

Обозначим через $\mathbf{S}$ матрицу-строку, элементы которой s_k ($k = 1, 2, ..., N$) совпадают с передаваемыми по линии связи символами. Тогда $\mathbf{S}$ условно можно определить, как

На приемной стороне в каждом канале вычисляется функция корреляции

$$r_i = \sum_{k=1}^{L} s_k w_i^{\langle k \rangle}$$

между принятым и опорным сигналом $wal(i, \theta)$. При этом если $r_i > 0$, то считают, что был передан символ 1, и наоборот. Таким образом $\tilde{d}_i = \mathrm{sign}(r_i)$, где $\tilde{d}_i$ – принятый символ.

Пусть $\mathbf{R}$ – матрица столбец, элементы которой совпадают с принятыми символами. Тогда

$$\mathbf{R} = \mathbf{WS}^T,$$

где $\mathbf{S}^T$ – транспонированная матрица $\mathbf{S}$;

$$\tilde{\mathbf{D}}_c = \mathrm{sign}(\mathbf{R}) = \mathrm{sign}\left(\mathbf{AS}^T\right) = \mathrm{sign}\left\{\left[\mathbf{A}\left(\mathbf{D}_c^T \mathbf{A}\right)\right]^T\right\}.$$

Необходимым и достаточным условием безошибочной передачи информации является выполнение равенства

$$\tilde{\mathbf{D}}_c = \mathbf{D}_c$$

для любого $\mathbf{D}_c$. Оно может быть обеспечено путем выбора соответствующих функций Уолша. Нетрудно видеть, что при отсутствии помех для принятия решения достаточно сколь угодно малой величины r_i. Однако при наличии помех величина r_i должна быть достаточно большой, так как от нее зависит помехоустойчивость системы.

Для характеристики корректирующей способности i-го канала вводят коэффициент устойчивости, определяемый выражением $\mathbf{q}_i = \mathbf{r}_i \mathbf{d}_i$. При этом матрица-столбец, состоящая из элементов q_i, определится как

$$\mathbf{Q} = \mathbf{DR} = \mathbf{DAS}^T = \mathbf{DA}\left[\operatorname{sign}\left(\mathbf{D}_c^T \mathbf{A}\right)\right]^T .$$

Если коэффициент устойчивости равен $2e+1$, то можно исправить ошибки кратности e. Это следует из того, что ошибка в любом передаваемом символе $s_k \left(k = 1, 2, ..., L\right)$ (вероятностью ошибки информационного символа).

Порядок выполнения работы

1. Необходимо рассчитать коэффициент устойчивости $\mathbf{q}_i$ при различной загрузке каналов и наличии нелинейности группового тракта. Построить зависимость коэффициента устойчивости от параметров нелинейности.
2. Для всех вариантов количество доступных каналов равно *N*=16. Далее выбирается количество активных каналов по последней цифре студенческого пропуска

Табл.1 Исходные данные задания

№ ЗК	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
акт. каналов	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
№ АХ	1	2	3	3	2	2	3	2	1	3

Выбираются свойства тракта задаются двумя характеристиками – амплитудной и фазо-амплитудной соответственно:

$$\text{АХ - } G(A) = \frac{a_0 A}{1 + a_1 A^2},$$

$$\text{ФАХ - } \Phi(A) = \frac{b_0 A^2}{1 + b_1 A^2},$$

где коэффициенты a0, b0, a1, b1 определяются согласно табл:

№	Функция	a_0	a_1	b_0	b_1	СКО
1	*G*(*A*)	1,9638	0,9945	–	–	0,012
	Φ(*A*)	–	–	2,5293	2,8168	0,478
2	*G*(*A*)	1,6623	0,0552	–	–	0,041
	Φ(*A*)	–	–	0,1533	0,3456	0,508
3	*G*(*A*)	2,1587	1,1517	–	–	0,010
	Φ(*A*)	–	–	4,0033	9,1040	0,469

3. Произвести исследование при полной загрузке каналов и при загрузке согласно варианту.
4. Повторите расчет с другими набором канальных переносчиков при неполной загрузке. Влияет ли выбор канальных переносчиков при неполной загрузке на результаты расчета?